

Departament de Cirurgia / Universitat Autònoma de Barcelona.

Autor: Mercè Torra Parra.

Títol: Avaluació de l'esforç submàxim dels flexors dorsals i palmars de canell mitjançant dinamometria isocinètica.

Responsables de la direcció: Enric Càceres Palou, Joaquim Chaler Vilaseca,
Roser Garreta Figuera.

Treball de recerca, convocatòria de setembre del 2011.

Índex

Índex	2
Introducció.....	3
Material i mètode.....	5
Subjectes.....	5
Protocol	5
Anàlisi de dades i estadística	8
Resultats	9
Discussió.....	18
Bibliografia	21

AVALUACIÓ DE L' ESFORÇ SUBMÀXIM DELS FLEXORS DORSALS I PALMARS DE CANELL MITJANÇANT DINAMOMETRIA ISOCINÈTICA

Introducció

Les patologies que afecten al canell, com l'epicondilitis i l'epitrocletitis són, juntament amb aquelles que afecten l'espatlla, la columna i els genolls, una de les principals causes de patologia d'origen laboral¹ i una de les principals causes de consulta múscul - esquelètica.

A l'hora d'avaluar l'estat funcional de l'individu, és molt important mesurar la força muscular i precisament, la dinamometria isocinètica, a través d'un dispositiu (dinamòmetre isocinètic) que proporciona una resistència controlada a velocitat constant i que recull el moment de força exercit pel múscul contra la mateixa, és una eina fiable de mesura de la força muscular dinàmica. A més, ens aporta informació que ens permet dissenyar programes d'entrenament de força, monitoritzar-los i determinar seqüel·les . No obstant, per a què una prova isocinètica sigui fiable i, per tant, vàlida, es necessita la plena col·laboració del subjecte avaluat, de manera que aquest realitzi la màxima força possible. Precisament en aquesta línia, s'han realitzat diferents estudis²⁻¹³ en diferents articulacions que demostren que certs paràmetres poden ser utilitzats per discriminar eficaçment si el subjecte realitza el màxim esforç possible (esforç màxim) o no (esforç submàxim).

Un dels paràmetres més acceptats, i del que en diferents estudis s'ha demostrat la seva efectivitat en discriminar si l'esforç ha sigut màxim o submàxim, és el DEC (Diferència Excèntric Concèntric), definit com la

deferència entre el Rati Excèntric Concèntric (REC) a alta velocitat, menys el REC a baixa velocitat. El REC es defineix com el moment de màxima força o Peak Torque (PT) en modalitat de contracció muscular excèntrica, dividit pel PT en modalitat concèntrica. El DEC, donada la seva efectivitat, s'ha proposat en diferents treballs per identificar l'esforç submàxim en diferents articulacions i accions⁵⁻¹³.

L'eficàcia del DEC es basa en la diferent via d'activació i control central de les contraccions concèntriques respecte de les excèntriques¹⁴⁻¹⁵. S'ha hipotetitzat que la força excèntrica és, voluntàriament, menys “ controlable “ que la concèntrica. Per tant, en situacions d'esforç submàxim, és a dir, quan els subjectes intenten fer menys força de la que poden fer, els ratis excèntric /concèntrics (REC) augmenten, sobretot a velocitat alta, i amb això també augmenta el valor del DEC. Aquest augment del DEC en situacions submàximes permet establir, basant-se en estudis realitzats en voluntaris, uns punts de tall a partir dels quals es pot considerar que una prova isocinètica realitzada ha sigut submàxima, o sigui que el subjecte no ha realitzat la màxima força possible.

A part del DEC, Olmo et al.¹³ en el 2008 van definir un nou paràmetre per tal d'emfatitzar el contrast entre la reduïda força concèntrica voluntària en les dues velocitats i la menys controlable força excèntrica a alta velocitat. Aquest nou paràmetre el denominaren SEC (Suma Excèntric Concèntric), i es calculava sumant el REC a alta velocitat més el Peak Torque (PT) a alta velocitat i, dividit pel PT a baixa velocitat. La validesa d'aquest paràmetre va ser determinada en un estudi pels flexors dorsals de turmell.

Fins ara, però, no tenim constància que s'hagi estudiat l'eficàcia d'aquests dos paràmetres en l'avaluació del nivell de col·laboració davant la mesura de la força isocinètica dels flexors dorsals (FD) i dels flexors palmars (FP) de canell. És per això, que l'objectiu del nostre estudi és estimar l'eficàcia del SEC i del DEC per identificar esforços submàxims en els FD i FP de canell, durant la realització de proves isocinètiques.

Material i mètode

Subjectes

Es va analitzar una mostra de 20 homes voluntaris sans amb un rang d'edat entre 20 i 40 anys ($28,5 \pm 3,2$) sense antecedents de patologia a l'extremitat superior dominant. Prèviament, tots els voluntaris havien de signar un consentiment informat amb informació detallada de la prova. L'estudi havia estat aprovat pel comitè d'ètica d'investigació clínica de referència.

Protocol

La força muscular dels FD i FP de canell va ser avaluada mitjançant un dinamòmetre isocinètic CONTREX (CMV AG, Dübendorf/ Schweiz). El principal paràmetre registrat en el estudi fou el ja anteriorment definit PT.

La posició de l'individu en el moment de realitzar la prova era en sedestació, amb el colze a 90° de flexió i l'avantbraç en pronació, amb l'eix del dinamòmetre alineat amb l'estiloides cubital. Amb l'objectiu de mantenir una bona subjecció de l'avantbraç i evitar al màxim la mobilitat d'aquest durant la prova, es col·locaven 2 cingles, una primera en posició més anterior i una segona en posició més posterior (figura 1).

Figura 1 Posicionament



La duració de la prova era aproximadament de 40 minuts i es realitzava únicament en l'extremitat dominant.

El protocol es realitzava amb un rang de moviment (ROM) de 20° (10° de flexió palmar i 10° de flexió dorsal) rang escollit per ser ben tolerat en cas de patologia en tests previs. La prova es realitzava a dues velocitats angulars diferents, a 10°/s i 40°/s, seguint la relació 1:4 ja utilitzada en estudis previs¹⁶ i en dues modalitats de contracció muscular, concèntrica i excèntrica.

El protocol començava amb una fase de familiarització i escalfament, que consistia en 5 sèries de 5 contraccions concèntriques submàximes, seguides

de 2 minuts de descans i, posteriorment, de 5 contraccions excèntriques submàximes. En aquesta fase, s'instruïa al subjecte que durant la modalitat concèntrica fos ell qui desplaçés el braç del dinamòmetre durant tot el recorregut en ambdues direccions, tant en flexió dorsal com palmar. Per contra, durant la modalitat excèntrica, se'l va instruir que realitzés resistència al moviment que el braç del dinamòmetre realitzava també en ambdues direccions. Després d'aquesta etapa, es deixava 3 minuts de descans darrera els quals començava el test.

Amb l'objectiu d'avaluar l'efectivitat del DEC i el SEC en avaluar esforç submàxim, el protocol es realitzava en dues condicions experimentals, màxima i submàxima.

En la primera part de la prova (condició màxima) el subjecte havia de realitzar el màxim de força possible. Aquesta consistia en 4 parelles de contraccions concèntriques i excèntriques, a 10°/s, amb un període de descans de 5 segons entre elles i de 25 segons entre cada una de les 4 parelles de contraccions. Després de 30 segons de descans, es repetia el mateix però a una velocitat de 40°/s.

Després de 3 minuts de descans, començava la segona part de la prova (condició submàxima), en la qual el subjecte havia d'imaginar-se que, un any endarrere, havia tingut una lesió i que, per aconseguir una indemnització, havia d'intentar fer-nos creure que encara presentava dèficit i debilitat, encara que clínicament i funcionalment estigués ja recuperat. Per tant, es repetia exactament la mateixa prova amb aquesta condició.

Anàlisi de dades i estadística

Una vegada recollits els registres dels PT (en els FD i FP de canell) per a cada modalitat de contracció (concèntrica -excèntrica), velocitat (10°/s-40°/s) i condició (esforç màxim i submàxim) es van calcular els ratis excèntrics/concèntrics (REC) per a cada una de les velocitats i condicions.

A partir d'aquests valors es van calcular els següents paràmetres, ja anteriorment definits:

$$\text{DEC} = \text{REC}_{40^\circ/\text{s}} - \text{REC}_{10^\circ/\text{s}}$$

$$\text{SEC} = \text{REC}_{40^\circ/\text{s}} + (\text{PT}_{\text{excèntric } 40^\circ/\text{s}} / \text{PT}_{\text{concèntric } 10^\circ/\text{s}}).$$

Tant el SEC com el DEC es van calcular per la condició màxima com per la submàxima.

Per l'anàlisi dels resultats es va utilitzar el programa informàtic d'estadística SPSS V13. Els tests estadístics utilitzats foren la t de Student per a dades aparellades i l'anàlisi múltiple de la variància (MANOVA) amb mesures repetides, utilitzant el DEC com a variable depenent i el nivell d'esforç com factor fix.

Els resultats concèntrics i excèntrics foren analitzats per separat mitjançant un anàlisi bifactorial (velocitat/ esforç) per a cada condició (concèntrica- excèntrica) amb l'objectiu de valorar les diferències en el comportament de les corbes força- velocitat. Es considerà significatiu una p menor o igual a 0,05.

Finalment, es calculà l'interval de tolerància, tant del DEC com del SEC, per a l'esforç màxim i, a partir dels intervals de tolerància per a una distribució normal, es calculà el punt de tall¹⁷.

Resultats

En la taula 1 i 2 pels flexors dorsals i palmars respectivament, es mostren les mitjanes dels PT per a cada velocitat (10°/s-40°/s) i condició experimental (màxima-submàxima) en les dues modalitats (concèntrica-excèntrica). En els dos grups musculars, els valors dels PT foren majors en condició màxima que en submàxima, i aquesta diferència fou significativa.

Taula 1. Força (Nm) dels **flexors dorsals** de canell per nivell de força i velocitat.

		Condició màxima	Condició submàxima	Diferència
Modalitat força	Velocitat	PT± DE	PT± DE	
Concèntrica	10°/s	12,96± 2,74	6,40± 4,1*	6,52± 2,09
	40°/s	12,84± 3,10	5,22± 3,67*	7,61± 3,12^
Excèntrica	10°/s	12,56± 2,72	6,16± 2,94*	6,39± 2,14
	40°/s	12,58± 3,09	6,64± 3,15*	5,94± 2,30^

PT: Peak Torque o moment màxim de força.

DE: desviació estàndar.

* p≤0,000 diferència significativa entre màxim i submàxim.

^ p=0,004 diferència significativa entre Excèntric i Concèntric a 40°/s.

Taula 2. Força (Nm) dels **flexors palmars** de canell per nivell de força i velocitat.

		Condicció màxima	Condicció submàxima	Diferència
Modalitat força	Velocitat	PT± DE	PT± DE	
Concèntrica	10°/s	18,04± 5,31	5,59 ± 3,77*	12,44± 4,09
	40°/s	18,84± 5,03	5,12± 3,44*	13,71± 4,02
Excèntrica	10°/s	20,21± 5,50	6,62± 4,01*	13,58± 4,51
	40°/s	21,11± 6,16	7,15± 4,74*	13,96± 5,20

PT: Peak Torque o moment màxim de força

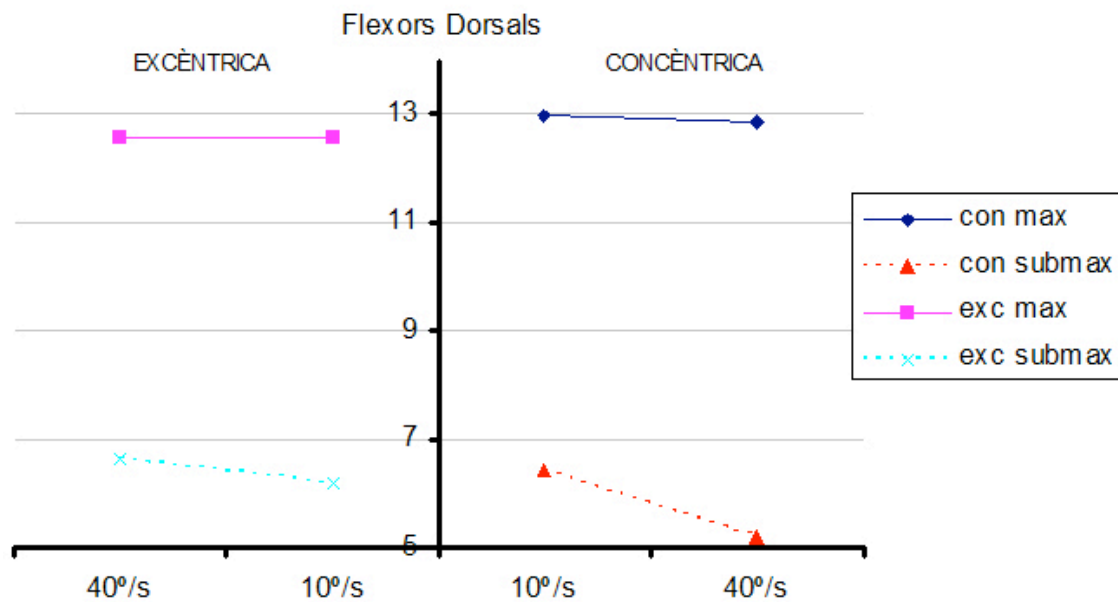
DE: desviació estàndar

* $p \leq 0,000$ Diferència significativa entre màxim i submàxim

Destacar que, en els flexors dorsals (taula 1), la diferència del PT a alta velocitat en modalitat excèntrica fou significativament menor ($p=0,004$) que en la modalitat concèntrica a la mateixa velocitat. Aquest fet, però, no es produí en els flexors palmars (taula 2).

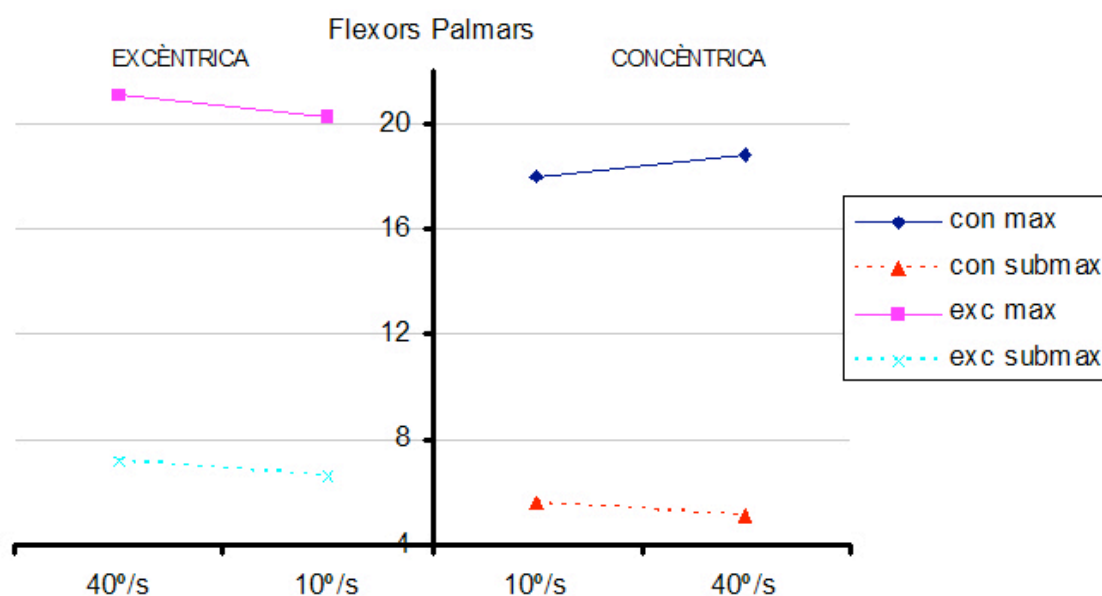
El comportament de la força en funció de la velocitat en els flexors dorsals, representada en la figura 2, diferia entre les medicions concèntriques i les excèntriques. En la modalitat concèntrica, tant en condició màxima com submàxima, el comportament era similar, el registre del PT disminuïa amb l'augment de la velocitat. En la modalitat excèntrica, el comportament era totalment i significativament diferent ja que, en condició màxima, la força disminuïa amb l'augment de la velocitat, mentre que en submàxima la força augmentava amb l'augment de la velocitat. Pel que fa al PT per una mateixa modalitat i condició, es van trobar diferències significatives entre les dues velocitats només en la modalitat concèntrica i en la condició submàxima.

Figura 2 Mitjana de la força (PT en Nm) en funció de la velocitat dels **flexors dorsals**.



El comportament de la força en funció de la velocitat en els flexors palmars representada en la figura 3, diferia respecte la dels flexors dorsals. En modalitat excèntrica, el PT, tant en condició màxima com en submàxima, era major a velocitat alta. En canvi, en modalitat concèntrica, mentre que en condició màxima el PT era major a alta velocitat, en condició submàxima era menor. Igual que en els FD, pel que fa al PT per una mateixa modalitat i condició, es van trobar diferències significatives entre les dues velocitats només en la modalitat concèntrica i en condició submàxima.

Figura 3 Mitjana de la força (PT en Nm) en funció de la velocitat dels **flexors palmars**.



En la taula 3 es mostren els valors mitjos dels ratios excèntrics/ concèntrics, tant dels FD com dels FP, per cada una de les dos velocitats i condicions (màxima i submàxima). Per a totes les modalitats i velocitats, el valor del REC obtingut en condició submàxima va ser superior que en condició màxima. Aquesta diferència va ser significativa en tots els casos excepte en els FD a baixa velocitat.

Taula 3 Mitjana dels Ratis Exèntric/Concèntric.

		Màxim		Submàxim		P
		REC	DE	REC	DE	
Flexors dorsals	10º	1,09	0,56	1,11	0,33	0,92
	40º	0,98	0,14	1,55*	0,55	0,000
Flexors palmars	10º	1,12	0,15	1,25*	0,29	0,026
	40º	1,11	0,12	1,45*	0,58	0,011

REC: rati excèntric/concèntric

DE: desviació estàndar

*Diferència significativa

El valor del DEC (taula 4), fou significativament major en el grup submàxim que en el màxim, tant en els FD (($p=0,00$) com en els FP ($p=0,030$). L'anàlisi de cada cas per separat (figura 4 i 5) mostrà que en 18 dels 20 casos pels FD (figura 4), i en 15 dels 20 casos pels FP (figura 5), el valor del DEC en condició submàxima fou superior que en condició màxima.

Taula 4 Mitjana del DEC i del SEC amb la seva desviació estàndard tant en esforç màxim com submàxim.

		Màxim		Submàxim		P
		Mitjana	DE	mitjana	DE	
Flexors dorsals	DEC	0,01	0,136	0,44*	0,41	0,000
	SEC	1,95	0,26	2,69*	0,90	0,001
Flexors palmars	DEC	-0,013	0,120	0,20*	0,32	0,030
	SEC	2,29	0,32	2,80*	1,02	0,022

DE: desviació estàndar

DEC: diferència excèntric-concèntric

SEC: suma excèntric-concèntric

*Diferència significativa

Figura 4 Valor del DEC màxim i submàxim de cada cas per separat dels **flexors dorsals**.

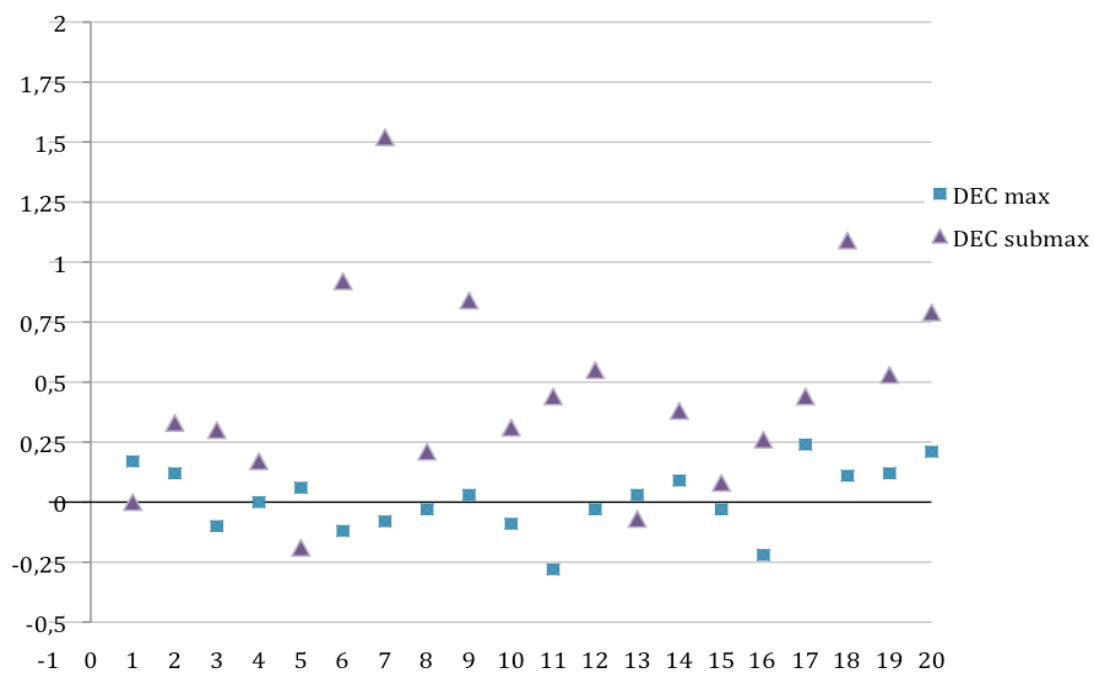
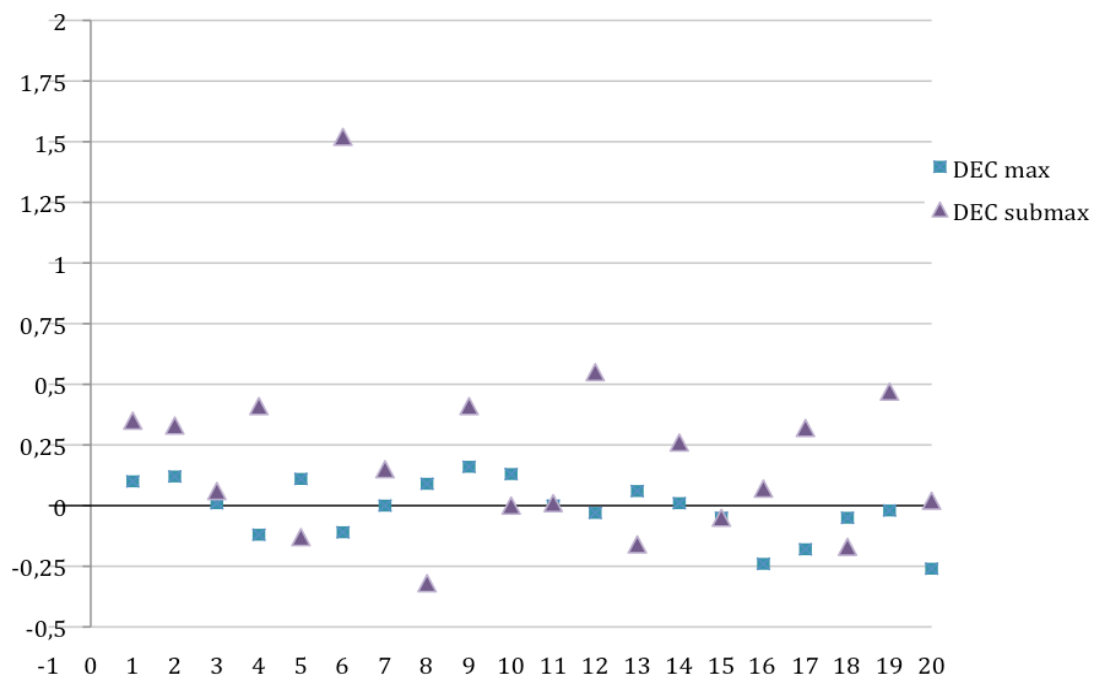


Figura 5 Valor del DEC màxim i submàxim per cada cas per separat dels **flexors palmars**.



El valor del SEC (taula 4), fou també significativament major en condició submàxima que en màxima, tant en els FD ($p=0,001$) com pels FP ($p=0,022$). L'anàlisi de cada cas per separat (figura 6 i 7) mostrà que en 18 del 20 casos pels FD (figura 6), i en 13 dels 20 casos pels FP (figura 7), el valor del SEC en condició submàxima fou superior que en condició màxima.

Figura 6 Valor del SEC màxim i submàxim per cada cas per separat dels **flexors dorsals**.

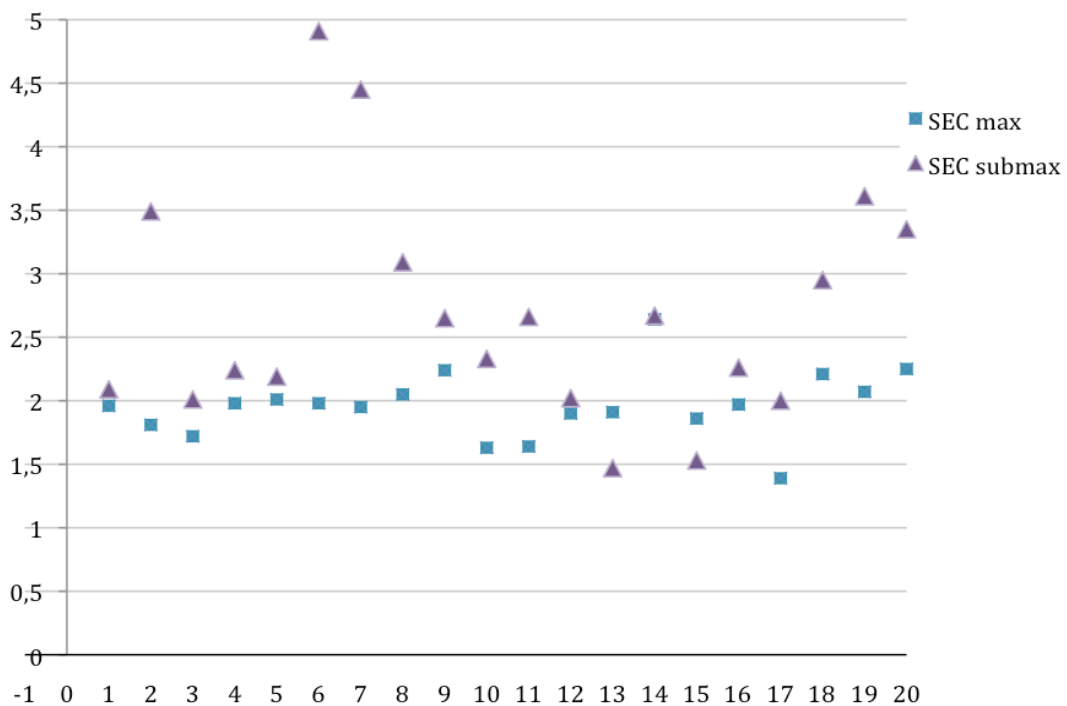
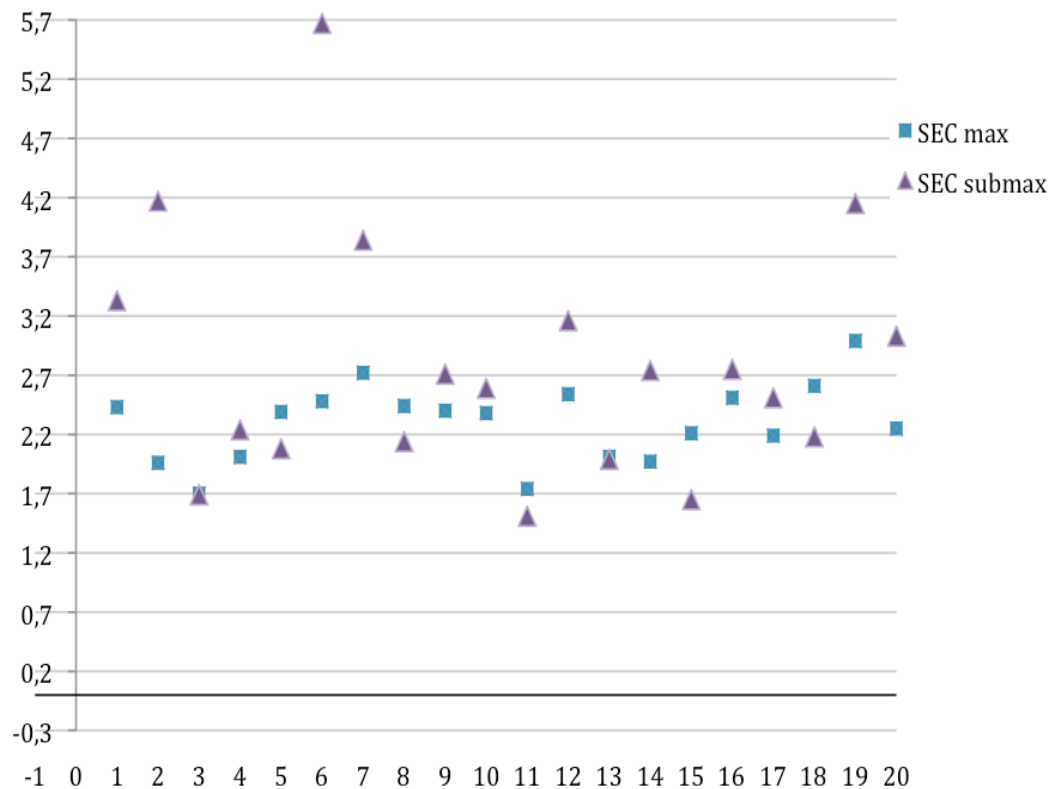


Figura 7 Valor del SEC màxim i submàxim per cada cas per separat dels **flexors palmars**.



Un cop veient tant el DEC com el SEC submàxims son significativament superiors als màxims, a partir dels valors del DEC i del SEC d'aquesta darrera condició, es calcularen uns punts de tall que permetrien identificar que l'esforç realitzat no ha estat el màxim, en el cas que aquests fossin sobrepassats.

El nivell del punt de tall deriva del càlcul dels intervals de tolerància per a una distribució normal¹⁷. Així, per exemple, si s'exigeix un 95% de nivell de confiança en la utilització del DEC o del SEC, aquestes variables, en el cas dels flexors dorsals, haurien de superar el valor de 0,384 o de 2,665 respectivament, per considerar que un esforç ha estat submàxim. Evidentment,

a major nivell de confiança, major valor del punt tall. Per tant, per a un nivell de confiança del 99%, el punt de tall seria de 0,576 pel DEC i de 3,033 pel SEC. Finalment, per a un nivell de confiança del 90% el valor disminueix a 0,303 i 2,509 pel DEC i el SEC, respectivament (veure taula 5).

Taula 5. Mitjana del DEC i del SEC i la seva desviació estàndar (DS) tant en esforç màxim com submàxim en els **flexors dorsals**. Punts de tall en funció del nivell de confiança.

Flexors dorsals			
DEC max	DEC submax	SEC max	SEC submax
0.01 ± 0,136	0,44 ± 0,41	1,95 ± 0,26	2,69 ± 0,90
Punt de tall DEC		Interval tolerància	Punt de tall SEC
>0,303		90	>2,509
>0,384		95	>2,665
>0,576		99	>3,033

DEC: Diferència Excèntric- Concèntric

SEC: Suma Excèntric- Concèntric

Seguint el que s'ha explicat anteriorment, pels flexors palmars, per a un interval de tolerància de 95%, el valor del DEC o del SEC hauria de superar el 0,317 i el 3,170 respectivament, per considerar l' esforç com a submàxim. Per a un nivell de confiança superior, del 99%, el punt de tall seria de 0,486 pel DEC i 3,622 pel SEC. I per a un nivell de confiança inferior, del 90%, el punt de tall evidentment seria inferior, 0,245 pel DEC i 2,978 pel SEC (veure taula 6).

Taula 6. Mitjana del DEC i del SEC i la seva desviació estàndard (DS) tant en esforç màxim com submàxim en els flexors palmars. Punts de tall en funció del nivell de confiança.

Flexors palmars			
DEC max	DEC submax	SEC max	SEC submax
-0.013± 0,120	0,20 ± 0,32	2,29 ± 0,32	2,80± 1,02
Punt de tall DEC		Interval tolerància	Punt de tall SEC
>0,245		90	>2,978
>0,317		95	>3,170
>0,486		99	>3,622

DEC: Diferència Excèntric- Concèntric

SEC: Suma Excèntric- Concèntric

Discussió

Aquest estudi mostra que, en subjectes voluntaris sans, un esforç isocinètic submàxim de flexors dorsals i palmars de canell pot ser eficaçment identificat mitjançant el DEC i/o el SEC. A més, ha estat estudiat en un rang de moviment (ROM) del canell molt curt, la qual cosa, com ja ha estat demostrat en altres estudis^{6,10}, és igual d'útil per analitzar el DEC que les avaluacions realitzades a rangs llargs. D'altra banda es molt útil en la practica clinica habitual, particularment quan el dolor o la inestabilitat entre d'altres no permet utilitzar un ROM major.

La patologia, tant dels flexors dorsals com palmars de canell, és molt freqüent, sobretot en l'àmbit laboral. Per a la seva avaluació i seguiment, és cada vegada més freqüent l'ús de la dinamometria isocinètica, però, per tal que

aquesta sigui vàlida, cal que el subjecte realitzi un esforç màxim. Justament, un dels problemes habituals en certs entorns, és la falta de col·laboració del pacient a l'hora de la realització de la mateixa. Per tant, el fet de disposar d'eines d'aproximació a aquest problema, és crucial, per poder avaluar a aquests pacients.

Precisament aquest estudi ens mostra que, tant el DEC com el SEC, podrien ser unes eines adequades per a avaluar el nivells de col·laboració durant la realització d'una prova isocinètica en pacients.

Pel que fa als valors dels PT, com era d'esperar, en condició màxima, foren significativament superiors que els PT en condició submàxima, tant en els FD com en els FP. En els FD es trobà que la diferència del PT entre submàxim i màxim a alta velocitat fou significativament menor en condició excèntrica que en concèntrica. És a dir, la mitjana del PT màxim i submàxim a alta velocitat, en modalitat excèntrica, són més semblants entre ells que no pas en modalitat concèntrica. Això era d'esperar tenint en compte que, com ja s'ha comentat anteriorment, la força excèntrica sembla que és menys controlable que la concèntrica¹⁴⁻¹⁵. El menor control de la força excèntrica fa que la diferència sigui menor. En els FP, però, aquesta diferència significativament menor no la hi trobem. Aquest fet podria explicar-se per una major destresa dels flexors palmars respecte dels dorsals, en els quals sembla que la força excèntrica sigui menys controlable.

Destacar que en les corbes força velocitat, la força excèntrica, tant en condició màxima com en submàxima, augmenta amb l'augment de la velocitat, cosa que coincideix amb la majoria dels estudis prèvis en les diferents articulacions i accions, excepte pels flexors de colze¹⁰ i rotadors externs

d'espalla¹² on es trobà que en condició màxima, la força excèntrica disminuïa amb l'augment de la velocitat en comptes d'augmentar, cosa que augmentava la potència del DEC en aquests dos casos.

A l'analitzar els ratis excèntric concèntrics trobem que, com era d'esperar, coincidint amb els estudis previs, els ratis eren majors en condició submàxima que en màxima, sobretot a alta velocitat. En el cas dels FP trobem diferències significatives tant a alta velocitat com a baixa, en canvi, en els FD trobem diferències significatives a alta velocitat, però no a baixa, fent que el DEC i el SEC sigui més potent per detectar esforços submàxims en els FD que en els FP. Cosa que, també recolza la teoria d'un major control de la força dels FP respecte dels FD.

Malgrat tot això, aquest estudi, ens ha permès obtenir uns punts de tall del DEC i del SEC tant pels FD com pels FP, a partir dels quals podríem identificar que l'esforç fet per l'individu no ha sigut el màxim i per tant la possible no col·laboració d'aquest.

És important ressaltar que, encara que és molt atractiu utilitzar el DEC o el SEC com una mesura d'avaluació de la sinceritat a l'esforç, sobretot en situacions medicolegals, és necessari tenir present que, com ja es ben conegut¹⁴, la col·laboració d'un pacient durant la realització d'una prova diagnòstica pot estar influenciada per una gran varietat de causes com el dolor, la por al dolor, la por a la lesió, l'ansietat, la depressió, la falta de comprensió de les instruccions o de la importància de la prova i, evidentment, per obtenir beneficis secundaris com guanys econòmics. Per tant, és molt important utilitzar el DEC o el SEC d'una manera ponderada en conjunt amb la resta d'exploracions clíniques. És molt recomanable interpretar-los conjuntament

amb una bona anamnesis, una bona exploració física que ens ajudi a detectar si existeixen incongruències amb la clínica, l'exploració i unes proves complementàries que mostrin, o no, la presència de lesions que puguin explicar possibles dèficits, per valorar en conjunt la col·laboració del pacient.

En conclusió, el SEC i el DEC són bones eines per detectar la falta de col·laboració en l'avaluació dels FD i FP de canell amb dinamometria isocinètica en subjectes sans. Serien necessaris més estudis realitzats en subjectes amb patologia, tant en un context medicolegal com en la pràctica clínica general.

Bibliografia

1. Weahreh G, Leight JP, Miller TR. Costs of occupational injury and illness within the health services sector. *Int J Health Serv* 2005;35:343-59.
2. Luoto S, Hupli M, Alaranta H, Hurri H Isokinetic performance capacity of trunk muscles: Part II. Coefficient of variation in isokinetic medurements in maximal effort and submaximal effort. *Scand J Rehabil Med* 1996;28:207-10.
3. Dvir Z, David G: Suboptimal muscle performance: Measuring isokinetic of knee extensors strenght with a new testing protocol. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1996;77:578-81.
4. Birmingham TB, Kramer JF, Speechley M, Chesworth BM, MacDermid J Measurament variability and sincerity of effort: Clinical utility of isokinetic coeficient of variation scores. *Ergonomics* 1998;41:853-63.

5. Lin PC, Robinson ME, Carlos J, Jr O'Connor P. Detection of submaximal effort in isometric and isokinetic knee extension test. J Orthop Sports Phys Ther 1996;24:19-24.
6. Dvir Z. An isokinetic study of submaximal effort in elbow flexion. Perceptual and Motor Skills 1997;84:1431-1438.
7. Dvir Z. Identification of feigned grip effort using isokinetic dynamometry. Clinical Biomechanics 1999; 14:522-527
8. Dvir Z. Differentiation of submaximal from maximal trunk extension effort: An isokinetic study using a new testing protocol. Spine 1997;22:2672-6.
9. Dvir Z, Keating J. Identifying feigned isokinetic trunk extension effort in normal subjects: An efficiency study of the DEC. Spine 2001;26:1046-1051.
10. Dvir Z, Steinfeld-cohen Y. Identification of feigned shoulder flexion weakness in normal subjects. Am J Phys Med Rehabil 2002; 81: 187-93.
11. Dvir Z, Keating J. Trunk extension effort in patients with chronic low back dysfunction. Spine 2003;28:685-692.
12. Chaler J, Dvir Z, Diaz U, Quintana S, Unyó c, Garreta R. Identification of feigned maximal shoulder external rotation effort. Clinical Rehabilitation 2007;21:241-7.
13. Del olmo, Jato S. Identification of feigned ankle plantar and dorsiflexors weakness in normal subjects. Journal of electromyography and kinesiology 19(2009) 774-781
14. Enoka RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. J Appl Physiol 1996;81:2339-46.

15. Fang Y, Siemionow V, Sahgal V, Xiong F, Yue G. Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions. Brain Research 2004; 1023: 200-212.
 16. Dvir Z. Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications. 2nd ed. New York, NY: Churchill Livingstone; 2004.
 17. Interactive Statistics: <http://statpages.org/tolintvl.html>.
 18. Lechner DE, Bradbury SF, Bradley LA. Detecting sincerity of effort. A summary of methods and approaches. Phys Ther 1998; 867-880
-